



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 60 306 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**A 01 C 21/00**  
A 01 B 69/00  
G 01 N 21/25  
G 01 N 21/47  
G 01 N 21/55

21 Aktenzeichen: 198 60 306.1  
22 Anmeldetag: 18. 12. 1998  
43 Offenlegungstag: 23. 3. 2000

DE 198 60 306 A 1

66 Innere Priorität:  
198 41 991. 0 03. 09. 1998

71 Anmelder:  
Hydro Agri Deutschland GmbH, 48249 Dülmen, DE

74 Vertreter:  
Cohausz Hannig Dawidowicz & Partner, 12489  
Berlin

72 Erfinder:  
Reusch, Stefan, Dr., 48249 Dülmen, DE

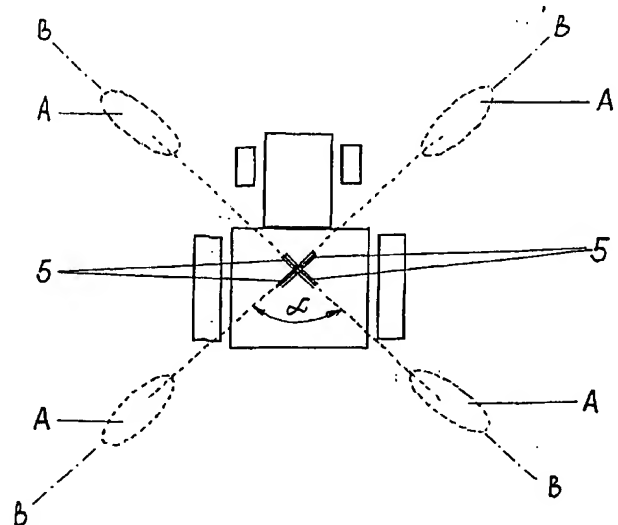
56 Entgegenhaltungen:  
US 49 86 665

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zum teilflächenspezifischen Düngen von Pflanzen

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum teilflächenspezifischen Düngen von Pflanzen. Unter natürlicher Beleuchtung wird durch reflexionsoptische Messung im sichtbaren und nahinfraroten Spektralbereich mittels Sensoren der Chlorophyllgehalt der Pflanzen festgestellt, angezeigt und daraus das Maß für deren Ernährungszustand bestimmt, mit dem ein Rechner die entsprechend auszubringende Düngermenge steuert. Die Reflexionsmessung wird als Schrägmessung zum Nadir gleichzeitig in gegeneinander gerichteten Meßrichtungen mit Lichtleitern ausgeführt und der Einfluß des solaren Azimuthwinkels durch Mittelung des Störsignals aus allen Meßrichtungen eliminiert. Die Lichtleiter sind auf einer gegenüber dem Träger erhöht gelegenen, mit dem Träger verfahrbaren Position in einer Schräglage gegenüber dem Pflanzenbestand angeordnet, wobei die von den Lichtleitern überstrichenen Meßflächen ständig außerhalb des Schattenbereiches des Trägers angeordnet sind. Den Lichtleitern ist mindestens ein Diffusor für den Abgleich auf die aktuelle Licht-einstrahlung zugeordnet.



DE 198 60 306 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum teilflächenspezifischen Düngen von Pflanzen, bei dem unter natürlicher Beleuchtung während der Düngerausbringung durch reflexionsoptische Messung im sichtbaren und nahinfraroten Spektralbereich mittels Sensoren der Chlorophyllgehalt der Pflanzen festgestellt, angezeigt und daraus das Maß für deren Ernährungszustand bestimmt wird, mit dem ein Rechner die entsprechend auszubringende Düngermenge steuert.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum teilflächenspezifischen Düngen von Pflanzen mit einem verfahrbaren Träger, beispielsweise Fahrzeug, der mit einer Auswerteeinrichtung ausgerüstet ist, einem Ausbringer zur variablen Verteilung des Düngers und auf den Pflanzenbestand in Fahrtrichtung dem Träger voranschreitend gerichteten, mit durch Lichtleiter verbundenen Spektrometern zur spektralen Analyse der reflektierten Strahlung, die die Reflexionsdaten zur Auswertung an die Auswerteeinrichtung weiterleiten,

Es ist bekannt, zur Bestimmung des Ernährungszustandes von Pflanzen deren Chlorophyllgehalt heranzuziehen (Prospekt "Precise" der Firma Hydro Agri, 1997). Der Chlorophyllgehalt wird üblicherweise mittels reflexionsoptischer Sensoren ermittelt wie sie beispielsweise grundlegend in der US 4 986 665 beschrieben sind.

Die gewonnenen spektralen Reflexionsdaten werden bei allen bekannten mit natürlichen Licht arbeitenden Lösungen bisher immer in senkrechter Einfallslage von oben bestimmt. Schräge Aufnahmewinkel führen zur Beeinflussung der Reflexionsspektren durch den solaren Azimutwinkel und somit zur Verfälschung der Meßergebnisse. Definierte Meßbedingungen sind daher sehr schwierig einzuhalten.

Die Einhaltung der senkrechten Einfallslage zieht andererseits äußerst aufwendige konstruktive Befestigungen der Lichtleiter am verfahrbaren Träger nach sich, um die Lichtleiter in ausreichender Entfernung außerhalb des Schattenbereichs des Trägers über den Pflanzenbestand zu führen. Damit eine hinreichend große Fläche des Bestandes abgetastet werden kann, werden mehrere und teure Lichtleiter auf einem, am Träger befestigten, in Breitenrichtung ausklappbaren Gestänge befestigt.

Durch das ausladende Gestänge ist die Manövrierfähigkeit des Trägers/Fahrzeuges auf dem Feld eingeschränkt und es besteht die Gefahr des Anfahrens auf Hindernisse.

Bei diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart zu verbessern, daß trotz Schrägmessung der Einfluß des solaren Azimuths ausgeschaltet bleibt, die Robustheit und Kompaktheit des Meßsystems zunimmt sowie gleichzeitig das Fahrzeug bzw. der Träger einfacher zu bedienen ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Gattung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 und durch eine Vorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 5 und 9 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens und der Vorrichtung sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, den Chlorophyllgehalt der Pflanzen als ein Maß für deren Ernährungszustand in reflexionsoptischer Schrägvisur zu bestimmen, ohne daß der solare Azimutwinkel das Meßergebnis beeinflußt und sich das Nutz- zu Störsignalverhältnis verkleinert.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens hat den Vorteil eines kompakten und robusten Aufbaus bei gleichzeitiger einfacher Bedienbarkeit.

Mit all diesen Merkmalen wird erreicht, daß die erfin-

dungsgemäße Lösung den komplexen Anforderungen einer teilflächenspezifischen Düngung mit hoher Effizienz und Genauigkeit besser gerecht wird.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen.

Die Erfindung soll nachstehend an zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Aufsicht eines landwirtschaftlichen Fahrzeuges mit über Dach befestigter Sensoranordnung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Mastes mit der Sensoranordnung,

Fig. 3 eine Seitenansicht des Fahrzeuges mit Darstellung der Auswerteeinrichtung und Ausbringer,

Fig. 4 eine weitere Variante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit seitlich am Dach befestigter Sensoranordnung in Draufsicht und

Fig. 5 eine Ansicht der Rückseite gemäß Fig. 4.

#### Beispiel 1

Fig. 1 zeigt ein Schleppfahrzeug 1 als Träger, an dessen Dach 2 ein Mast 3 verhältnismäßig kurzer Länge, beispielsweise 0,8 m, befestigt ist. Am oberen Ende 4 des Mastes 3 befinden sich vier Lichtleiter 5 (Einkoppelpunkte), die in Aufsicht betrachtet zueinander jeweils einen Winkel  $\alpha$  von 90° einschließen. Jeder der Lichtleiter 5 ist unter einem Winkel  $\beta$  (Winkel zum Nadir) von 62° zum Pflanzenbestand ausgerichtet. Mittig auf dem Ende 4 des Mastes 3 ist ein Diffusor 6 befestigt, um Einflüsse des Umgebungslichtes zu vermeiden.

Die einzelnen Lichtleiter 5 tasten eine Meßfläche A ab, die seitlich vor und hinter dem Schleppfahrzeug 1 liegt. Diese Meßflächen A sind in Fig. 1 schematisch als vier Ellipsen dargestellt. Jeweils zwei Lichtleiter 5 liegen entgegengesetzt ausgerichtet auf einer Wirkungslinie B-B. Die Wirkungslinien B-B mehrerer Lichtleiterpaare, beispielsweise vier Lichtleiter 5, liegen senkrecht zueinander. Alle Einkoppelpunkte sind so gleichmäßig voneinander beabstandet. Am Mast 3 führt ein Lichtleiter 7 entlang, der am Ende 4 des Mastes 3 zur Bildung der Einkoppelpunkte vielfach aufgespleißt ist und die Lichtleiter 5 bildet. Jeweils ein nicht dargestelltes Spektrometer für die reflektierte Strahlung und ein Spektrometer für die Einstrahlungsmessung sind dann notwendig (siehe Fig. 2).

Durch die symmetrische Anordnung der Einkoppelpunkte im 90°-Winkel wird eine weitgehende Unabhängigkeit des aufgenommenen Signals vom solaren Azimutwinkel erreicht, da immer für jeweils einen der Lichtleiter 5 die Sonne von hinten, links, vorne und rechts scheint. Effekte aufgrund des Azimutwinkels zwischen Sonne und Lichtleiter heben sich somit durch Mittelung der Signale aus allen vier Richtungen auf.

Größe und Abstand der Meßflächen A von der Fahrspurmitte lassen sich so wählen, daß die Meßflächen außerhalb des Schattenbereiches des Schleppfahrzeuges liegen. Im vorliegenden Beispiel ergibt sich bei einer Höhe von 4,5 m über Grund, einem Öffnungswinkel der Faser von 12° und dem vorgenannten Blickwinkel  $\beta$  von 62° ein 4 m breiter Streifen links und rechts der Fahrspurmitte, der abgetastet wird. Der innere Rand dieser Streifen liegt ausreichend weit von Schattenbereich des Schleppfahrzeuges entfernt.

Die von den Lichtleitern 5 erfaßte Reflexionsstrahlung wird wie in Fig. 3 gezeigt der Auswerteeinrichtung 8 zugeführt, in der der Chlorophyllgehalt der Pflanzen ermittelt, der als Maß für den Ernährungszustand über einen Bord-

computer den Ausbringer 9 steuert.

### Beispiel 2

In Fig. 4 und 5 ist eine weitere Variante einer erfindungs-  
gemäßen Sensoranordnungsbebefestigung gezeigt. Am Dach 2  
des Trägers ist quer zur Fahrtrichtung ein das Dach 2 beid-  
seitig seitlich überkragender Tragarm 10 befestigt. Der Tra-  
garm 10 trägt jeweils an seinem vorderen Ende zwei  
schwenkbar einstellbare Lichtleiterenden 11, die vorzugs-  
weise in einem Winkel  $\beta$  von 60° (Schräglage) zum Pflan-  
zenbestand ausgerichtet sind. Beide Lichtleiterenden 11  
schließen miteinander einen Winkel  $\alpha$  von 90° ein.

### Bezugszeichenliste

1 Schleppfahrzeug	
2 Dach	
3 Mast	
4 oberes Ende von 3	20
5 Lichtleiter (Einkoppelpunkte)	
6 Diffusor	
7 Lichtleiter	
8 Auswerteeinrichtung	
9 Ausbringer	25
10 Tragarm	
11 Lichtleiterenden	
A Meßfläche	
B-B Wirkungslinie	
$\alpha$ Winkel zwischen den Wirkungslinien bzw. den Lichtleite- renden	30
$\beta$ Blickwinkel (Winkel zum Nadir) bzw. Schräglage	

### Patentansprüche

1. Verfahren zum teilflächenspezifischen Düngen von Pflanzen, bei dem unter natürlicher Beleuchtung während der Düngerausbringung durch reflexionsoptische Messung im sichtbaren und nahinfraroten Spektralbereich mittels Sensoren der Chlorophyllgehalt der Pflanzen festgestellt, angezeigt und daraus das Maß für deren Ernährungszustand bestimmt wird, mit dem ein Rechner die entsprechend auszubringende Düngermenge steuert, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reflexionsmessung als Schrägmessung zum Nadir gleichzeitig in gegeneinander gerichteten Meßrichtungen schattenfrei mit Lichtleitern ausgeführt und der Einfluß des solaren Azimutwinkels durch Mittelung des Störsignals aus allen Meßrichtungen eliminiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrägmessung in mindestens vier Meßrichtungen durchgeführt wird, wobei die Zahl der Meßrichtungen geradzahlig ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrägmessung zusätzlich bei künstlicher Beleuchtung durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrägmessung aus mehreren übereinander liegenden Ebenen durchgeführt wird, wobei die Winkelstellung zum Nadir von Ebene zu Ebene unterschiedlich eingestellt wird.
5. Vorrichtung zum teilflächenspezifischen Düngen von Pflanzen zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem verfahrbaren Träger, beispielsweise Fahrzeug, der mit einer Auswerteeinrichtung ausgerüstet ist, einem Ausbringer zur variablen Verteilung des Düngers und auf den Pflanzenbestand in Fahrtrichtung dem Träger voranschreitend gerichteten,

mit durch Lichtleiter verbundenen Spektrometern zur spektralen Analyse der reflektierten Strahlung, die die Reflexionsdaten zur Auswertung an die Auswerteeinrichtung weiterleiten, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleiter (5) auf einer gegenüber dem Träger erhöht gelegenen, mit dem Träger bewegenden Position in einer Schräglage ( $\beta$ ) gegenüber dem Pflanzenbestand so zueinander angeordnet sind, daß jeweils zwei Lichtleiter gegeneinander gerichtet auf einer Wirkungslinie liegen und die Wirkungslinien voneinander beabstandet einen gleichen Winkel ( $\alpha$ ) einschließen, wobei die von den Lichtleitern (5) überstrichenen Meßflächen (A) ständig außerhalb des Schattenbereiches des Trägers angeordnet sind, und daß den Lichtleitern (5) in der erhöhten Position mindestens ein Diffusor (6) für den Abgleich auf die aktuelle Lichteinstrahlung zugeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleiter (5) in mehreren übereinander liegenden Ebenen angeordnet sind, wobei die Schräglage ( $\beta$ ) aller Lichtleiter (5) in einer Ebene gegenüber der Schräglage ( $\beta$ ) aller Lichtleiter (5) in der anderen Ebene verschieden ist.

7. Vorrichtung zum teilflächenspezifischen Düngen von Pflanzen zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem verfahrbaren Träger, beispielsweise Fahrzeug, der mit einer Auswerteeinrichtung ausgerüstet ist, einem Ausbringer zur variablen Verteilung des Düngers und auf den Pflanzenbestand in Fahrtrichtung dem Träger voranschreitend gerichteten, mit durch Lichtleiter verbundenen Spektrometern zur spektralen Analyse der reflektierten Strahlung, die die Reflexionsdaten zur Auswertung an die Auswerteeinrichtung weiterleiten, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleiter (5) auf einer gegenüber dem Träger erhöht gelegenen, mit dem Träger bewegenden Position in einer Schräglage ( $\beta$ ) gegenüber dem Pflanzenbestand so zueinander angeordnet sind, daß jeweils zwei das Fahrzeugdach seitlich überkragende Lichtleiterenden (11) in der Schräglage ( $\beta$ ) miteinander einen gleichen Winkel ( $\alpha$ ) einschließen, wobei die von den Lichtleitern (5) überstrichenen Meßflächen (A) ständig außerhalb des Schattenbereiches des Trägers angeordnet sind, und daß den Lichtleitern (5) in der erhöhten Position mindestens ein Diffusor (6) für den Abgleich auf die aktuelle Lichteinstrahlung zugeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schräglage ( $\beta$ ) 50° bis 75°, vorzugsweise 62°, beträgt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel ( $\alpha$ ) 30° bis 90°, vorzugsweise 90°, beträgt.

10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleiter (5) an einem auf dem Dach des Trägers oder anderen am Träger befestigten Anbauten bzw. Einrichtungen befestigten Mast (3) angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 5 bis 10 dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleiter (5) aus einem mehrfach, vorzugsweise vierfach, gespleißten Lichtleiter (7) gebildet sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 5 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß den Lichtleitern (5) und dem Diffusor (6) jeweils ein gesondertes Spektrometer zugeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel der Faser des Lichtleiters (7) 5°

bis 15°, vorzugsweise 12°, beträgt.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

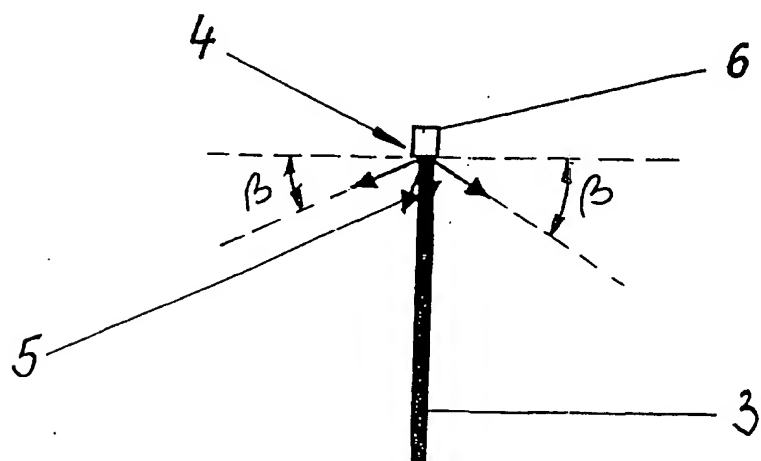
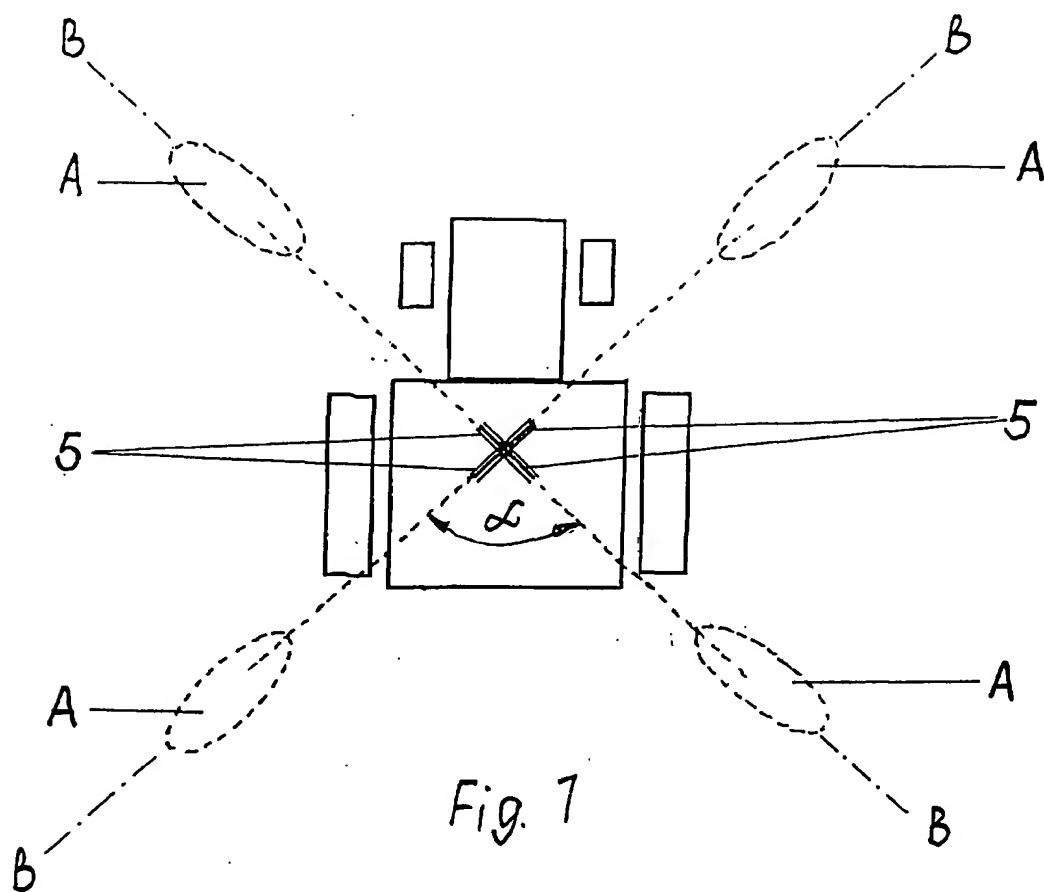
45

50

55

60

65



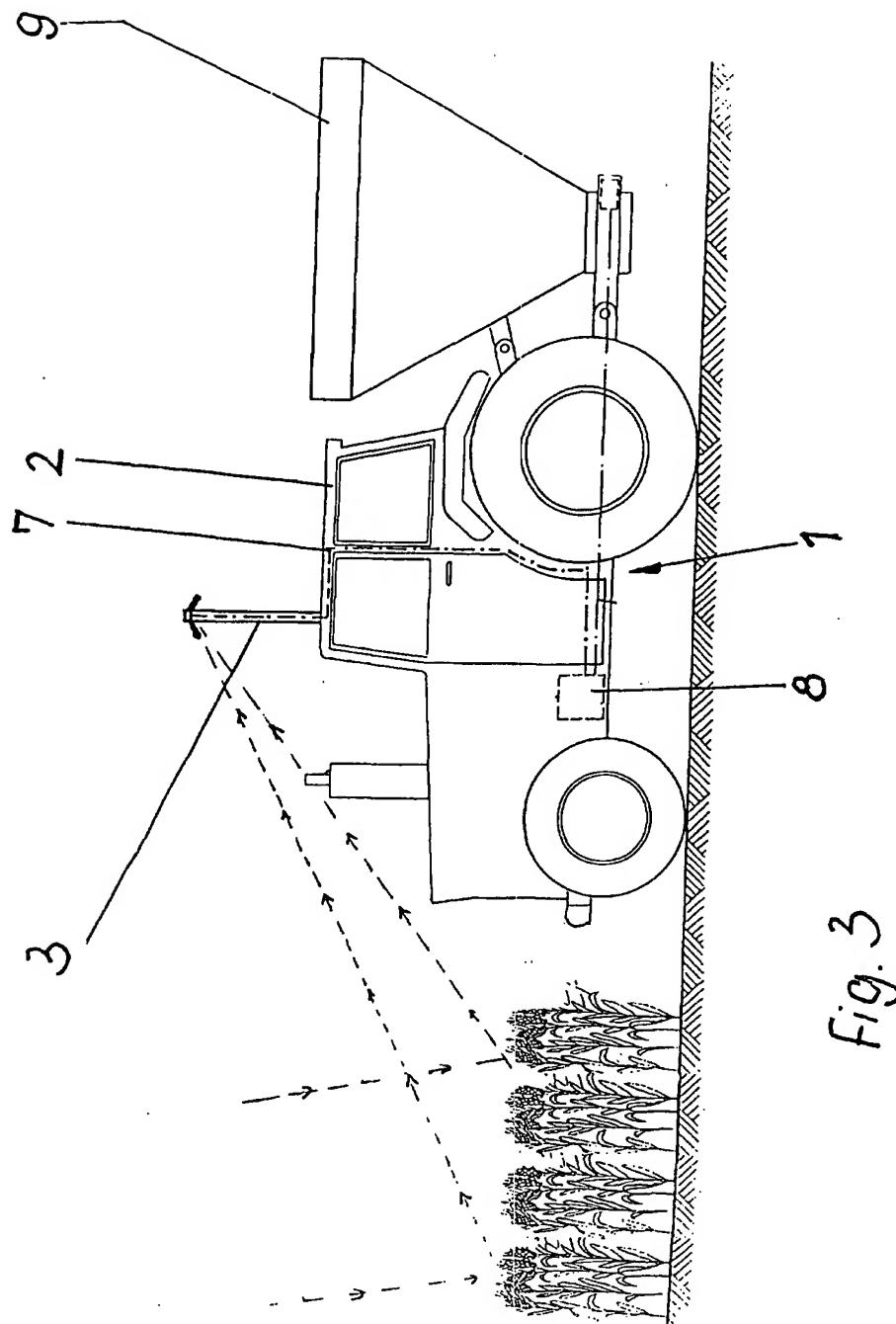


Fig. 3

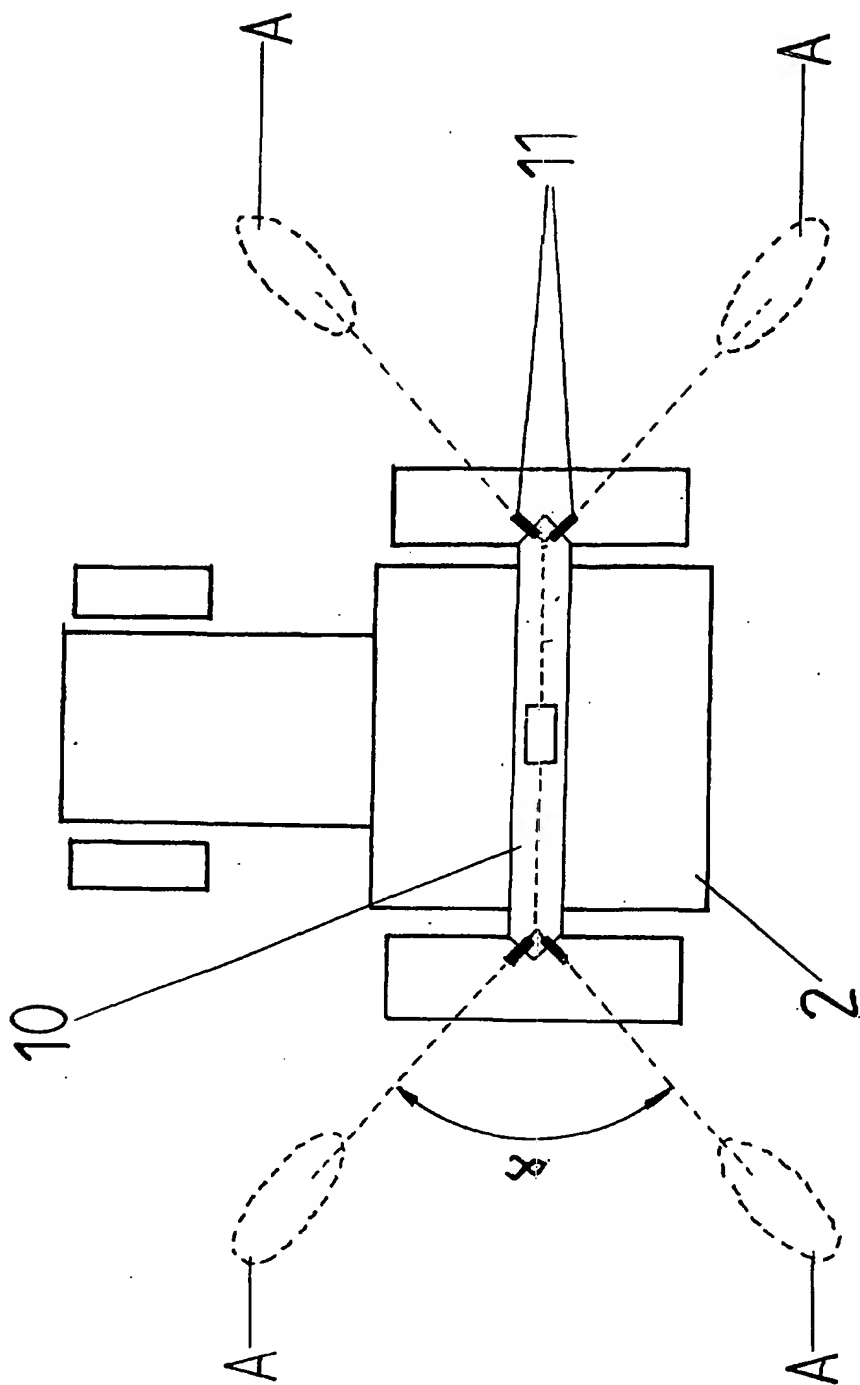


FIG. 4

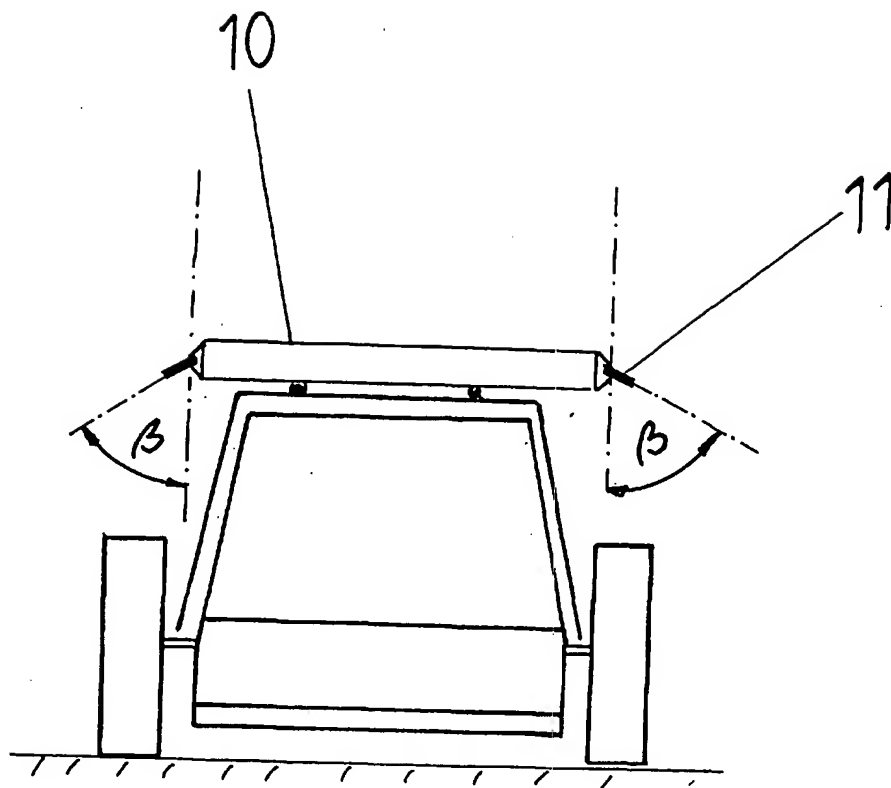


FIG. 5